

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## (書誌+要約+請求の範囲)

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)  
 (12)【公報種別】公開特許公報(A)  
 (11)【公開番号】特開平10-118783  
 (43)【公開日】平成10年(1998)5月12日  
 (54)【発明の名称】半田材料及びそれを用いた電子部品  
 (51)【国際特許分類第6版】

13 69

B23K 35/26 310  
 H01L 21/52 E  
 H05K 3/34 512

## 【F1】

B23K 35/26 310 A  
 H01L 21/52 E  
 H05K 3/34 512 C

## 【審査請求】未請求

【請求項の数】21

【出願形態】OL

【全頁数】10

(21)【出願番号】特願平8-275087  
 (22)【出願日】平成8年(1996)10月17日  
 (71)【出願人】

【識別番号】000005821

【氏名又は名称】松下電器産業株式会社

【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地

(71)【出願人】

【識別番号】000217332

【氏名又は名称】田中電子工業株式会社

【住所又は居所】東京都中央区日本橋茅場町2丁目6番6号

(72)【発明者】

【氏名】小柏 俊典

【住所又は居所】東京都三鷹市下連雀八丁目5番1号 田中電子工業株式会社三鷹工場内

(72)【発明者】

【氏名】有川 孝俊

【住所又は居所】東京都三鷹市下連雀八丁目5番1号 田中電子工業株式会社三鷹工場内

(72)【発明者】

【氏名】横沢 真▲銀▼

【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)【発明者】

【氏名】青井 和廣

【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)【発明者】

【氏名】澤田 良治

【住所又は居所】大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(74)【代理人】

【弁理士】

【氏名又は名称】池内 寛幸(外2名)

## (57)【要約】

【課題】パラジウム(Pd)を0.005~3.0重量%、錫(Sn)を97.0~99.995重量%含有した組成を有し、かつ液相線温度が200~350°Cである半田材料とすることにより、無鉛で熱疲労性能を向上させ、環境に優しくかつ、電子機器の信頼性を向上させる無鉛高温半田材料を提供する。

【解決手段】Sn地金とPdを所定量配合し、真空溶解した後鋳造してインゴットを得、圧延してテープとし、プレス加工して半田ペレットに仕上げる。好ましい組成は、Snを95.0重量%以上、Pdを0.005~3.0重量%含有させ、更に平均粒子直径が40μm前後のNi、Cu等の金属または合金粒子を0.1~5.0重量%加える。ICチップ5の下面のNiめっき4とダイ1表面のNiめっき2とを介して、基板とチップ状の電子素子である半導体のICチップ5とが半田材料3でほぼ平行に接続(ダイボンド)されている。

#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】パラジウム(Pd)を0.005~3.0重量%、錫(Sn)を97.0~99.995重量%含有した組成を有し、かつ液相線温度が200~350°Cである半田材料。

【請求項2】パラジウム(Pd)もしくはゲルマニウム(Ge)から選ばれる少なくとも一つを0.005~3.0重量%含有し、その合計が5.0重量%を超えず、かつ錫(Sn)を95.0~99.995重量%含有した組成の半田材料。

【請求項3】さらに、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、BiおよびInから選ばれる少なくとも1種を0.05~2.0重量%含有した請求項1または2に記載の半田材料。

【請求項4】さらに、金属または合金粒子を0.001~5.0重量%含有した請求項1または2に記載の半田材料。

【請求項5】金属または合金粒子が、Sn(比重:7.28)の±2の範囲にある比重を有する請求項4に記載の半田材料。

【請求項6】金属または合金粒子が、Cu、NiおよびFeから選ばれる金属、酸化物、炭化物、窒化物、合金から選ばれる粒子である請求項4に記載の半田材料。

【請求項7】金属または合金粒子の平均粒子直径が、5~100μmの範囲である請求項4に記載の半田材料。

【請求項8】金属または合金粒子の平均粒子直径が、20~60μmの範囲である請求項7に記載の半田材料。

【請求項9】金属または合金粒子の融点が、400°C以上である請求項4に記載の半田材料。

【請求項10】Sn原料の純度が99.9重量%以上である請求項1または2に記載の半田材料。

【請求項11】半田材料が、不可避不純物中に含まれる微量な程度にまで鉛を低減した請求項1、2または3に記載の半田材料。

【請求項12】パラジウム(Pd)を0.005~3.0重量%、錫(Sn)を97.0~99.995重量%含有した組成を有し、かつ液相線温度が200~350°Cである半田材料を用いて、基板と電子素子との間を接続した電子部品。

【請求項13】パラジウム(Pd)もしくはゲルマニウム(Ge)から選ばれる少なくとも一つを0.005~3.0重量%含有し、その合計が5.0重量%を超えず、かつ錫(Sn)を95.0~99.995重量%含有した組成の半田材料を用いて、基板と電子素子との間を接続した電子部品。

【請求項14】さらに、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、BiおよびInから選ばれる少なくとも1種を0.005~2.0重量%含有した請求項12または13に記載の電子部品。

【請求項15】さらに、金属または合金粒子を0.001~5.0重量%含有した請求項12または13に記載の電子部品。

【請求項16】金属または合金粒子が、Sn(比重:7.28)の±2の範囲にある比重を有する請求項15に記載の電子部品。

【請求項17】金属または合金粒子の平均粒子直径が、20~60μmの範囲である請求項15又は16に記載の電子部品。

【請求項18】錫(Sn)に対して、パラジウム(Pd)を0.5~2.0重量%含有し、液相線温度を320°C以下とした半田材料を用いて、電子素子をダイボンド接続した電子部品。

【請求項19】半田材料にSn(比重:7.28)の±2にある比重を有する金属粒子を含有させ、前記半田材料を溶融滴下した上に電子素子を配置してなる請求項18に記載の電子部品。

【請求項20】半田材料を、Niを主体とする膜が形成された基板面と電子素子面との間に設けて前記Niを主体する膜で挟んだ構成で前記基板と前記電子素子とを接続した請求項18に記載の

電子部品。

【請求項21】半田材料が、不可避不純物中に含まれる微量な程度にまで鉛を低減した請求項1  
2, 13または18に記載の電子部品。

## 詳細な説明

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉛を使用しない高温半田材料で熱疲労性能に優れた環境に優しい無鉛高温半田材料に関する。特に、電子素子等のダイボンディングやハイブリッドIC等の発熱部品の半田付けに用いて好適なものである。また、それを用いた電子部品に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】近年、電子機器等の廃棄処理等の課題や環境対策の推進により、鉛を使用しない無鉛半田に対する要求が高くなつた。

【0003】しかし、通常電子部品等の半田付けには、Pb-Sn系半田が用いられている。Pb-Sn系半田は、接合性に優れて、相互の含有量の調整で広い温度範囲の融点を選ぶことが出来る利点を有している。特に63重量%Sn-Pb共晶半田は、融点が183°Cと低いため、電子部品を低温で半田付けでき、電子部品への熱影響も少ないとして広く使用されている。

【0004】一方、電子部品の実装工程及び実装済みの電子部品では、一度半田付けされた箇所が二度目の加熱を受ける場合がある。例えば、半導体装置のように半導体素子チップをリードフレーム(特にダイ)に半田付けした後、ワイヤーボンディングする為にダイを加熱したり、プリント基板の両面に電子部品を実装するハイブリッドICのように他方の面への電子部品の搭載・半田付けを一方の面への電子部品の搭載・半田付けを行なった後に他の半田の「二度付け」が行なわれたり、実装済みでも電子素子自体の発熱により加熱されたりしている。

【0005】このため、一度目の半田付け材料は、二度目の加熱を行なう際に、その半田材料が溶融して、一度目に接合した部品が脱落することを防ぐために液相線温度の高い高温半田材料が必要である。この様な高温半田材料としては、電子素子への熱影響を少なくすることを考慮して液相線温度が200~350°Cのものが要求されている。

【0006】そこで、無鉛で高温の条件を満たす無鉛高温半田材料として、Sn-Cu系のSnを主成分として少量のCuを添加した液相線温度が200~350°Cのものが提案されている(特開昭61-156823号公報)。また、他の無鉛半田材料として、Sn-In系(特開昭61-55774号公報)、Sn-Cu-Zn系(特開昭62-163335号公報)が提案されている。

【0007】また、ダイボンド材の厚みを制御するために、金属または絶縁物などの粒子をダイボンド材に添加し、加圧接着してダイボンドすることも提案されている(例えば、特開平6-685号公報)。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の無鉛高温半田材料(Sn-Cu系等)を、ダイボンディングやハイブリッドIC等の発熱部品の半田付けに使用した場合、電子機器を長期使用しているうちに半田付けした高温半田に亀裂が入り、導通不良に至ることがある。この原因是、電子機器の内部が使用時に電子部品の発熱で温度が上がり、使用後は室温に戻るという温度変化の繰り返し、即ちヒートサイクルによる熱疲労である。従来の無鉛高温半田材料は、古くから知られているが、熱疲労性能に劣ると言う問題を有していた。そのため、Pbを含有させることで熱疲労性能を向上させる鉛高温半田が広く使用されている。また、他の従来例の無鉛高温半田材料は、半田付け性が悪いという問題があった。

【0009】本発明は、前記従来の問題を解決するため、組成が実質的に無鉛であり、かつ液相線温度が200~350°Cの高温半田材料の熱疲労性能を向上させて電子機器の信頼性を高め環境に優しい無鉛高温半田材料及びそれを用いた電子部品を提供することを目的とする。

【0010】また、他の目的としては、電子素子と基板との間に半田材料を挟んでダイボンディング等をする場合に、添加物が片寄って接着する傾斜接着による熱抵抗の増大や信頼性の課題があるので、半田材料内組成の比重等の相違することによる組成分布の偏りをなくし、添加物が片寄つて接着される傾斜接着なくすことである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明の第1番目の半田材料は、パラジウム(Pd)を0.005~3.0重量%、錫(Sn)を97.0~99.995重量%含有した組成を有し、かつ液相線温度が200~350°Cの範囲であるという構成を有する。

【0012】本発明の第2番目の半田材料は、パラジウム(Pd)もしくはゲルマニウム(Ge)から選ばれる少なくとも一つを0.005~3.0重量%含有し、その合計が5.0重量%を超えず、かつ錫(Sn)を95.0~99.995重量%含有した組成であるという構成を有する。

【0013】前記第1～2番目の半田材料においては、さらに、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、BiおよびInから選ばれる少なくとも1種を0.005～2.0重量%含有したことが好ましい。

【0014】また前記第1～2番目の半田材料においては、さらに、金属または合金粒子を0.001～5.0重量%含有したことが好ましい。また前記構成においては、金属または合金粒子が、Sn(比重:7.28)の±2の範囲にある比重を有することが好ましい。

【0015】また前記構成においては、金属または合金粒子が、Cu、NiおよびFeから選ばれる金属、酸化物、炭化物、窒化物、合金から選ばれる粒子であることが好ましい。

【0016】また前記構成においては、金属または合金粒子の平均粒子直径が、5～100μmの範囲であることが好ましい。また前記構成においては、金属または合金粒子の平均粒子直径が、2.0～60μmの範囲であることが好ましい。

【0017】また前記構成においては、金属または合金粒子の融点が、400℃以上であることが好ましい。また前記構成においては、Sn原料の純度が99.9重量%以上であることが好ましい。

【0018】また前記構成においては、半田材料が、不可避不純物中に含まれる微量な程度にまで鉛を低減した鉛無添加のものであることが好ましい。次に本発明の第1番目の電子部品は、パラジウム(Pd)を0.005～3.0重量%、錫(Sn)を97.0～99.995重量%含有した組成を有し、かつ液相線温度が200～350℃である半田材料を用いて、基板と電子素子との間を接続したという構成を備えたものである。

【0019】次に本発明の第2番目の電子部品は、パラジウム(Pd)もしくはゲルマニウム(Ge)から選ばれる少なくとも一つを0.005～3.0重量%含有し、その合計が5.0重量%を超えて、かつ錫(Sn)を95.0～99.995重量%含有した組成の半田材料を用いて、基板と電子素子との間を接続したという構成を備えたものである。

【0020】前記第1～2番目の電子部品においては、さらに、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、BiおよびInから選ばれる少なくとも1種を0.005～2.0重量%含有したことが好ましい。

【0021】また前記第1～2番目の電子部品においては、さらに、金属または合金粒子を0.001～5.0重量%含有したことが好ましい。また前記第1～2番目の電子部品においては、金属または合金粒子が、Sn(比重:7.28)の±2の範囲にある比重を有することが好ましい。

【0022】また前記第2番目の電子部品においては、金属または合金粒子の平均粒子直径が、20～60μmの範囲であることが好ましい。次に本発明の第3番目の電子部品は、錫(Sn)に対して、パラジウム(Pd)を0.5～2.0重量%含有し、液相線温度を320℃以下とした半田材料を用いて、電子素子をダイボンド接続したという構成を備えたものである。

【0023】前記第3番目の電子部品においては、半田材料にSn(比重:7.28)の±2にある比重を有する金属粒子を含有させ、前記半田材料を溶融滴下した上に電子素子を配置してなることが好ましい。

【0024】また前記第3番目の電子部品においては、半田材料を、Niを主体とする膜が形成された基板面と電子素子面との間に設けて前記Niを主体する膜で挟んだ構成で前記基板と前記電子素子とを接続したことが好ましい。

【0025】また前記第1～3番目の電子部品においては、半田材料が、不可避不純物中に含まれる微量な程度にまで鉛を低減した鉛無添加のものであることが好ましい。本発明の好ましい組成は、錫(Sn)が95.0重量%以上の多量に含まれている無鉛半田材料を基本に、パラジウム(Pd)を0.005～3.0重量%含有させ、残量をその他の成分とし、液相線温度が200～350℃と高温の高温無鉛半田材料である。その他の成分としては、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、Bi、Inのうち少なくとも1種を0.005～2.0重量%含有させることが好ましい。

【0026】また、Snとほぼ比重が等しくかつ40μm前後の金属または合金粒子を0.1～5.0重量%含有した無鉛高温半田材料をほぼ平行に配置された電子素子と基板との間に設けて接続した電子部品とすることも好ましい。

【0027】また電子素子と基板の少なくとも一方に、シリコン、GaAs、セラミック等の割れやすく脆いものを用い、それらの面にNi膜を形成してそのNi膜で本発明の無鉛高温半田材料を挟む構成で電子素子と基板を接着することも好ましい。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明の好ましい無鉛高温半田材料は、パラジウム(Pd)を0.005～3.0重量%、錫(Sn)95.0～99.995重量%含有した組成を有し、液相線温度が200～350℃であり、熱疲労性能が良いと言う作用を有する。

【0029】また、本発明の無鉛高温半田材料は、さらに、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、Bi、Inのう

ち少なくとも1種を0.005~2.0重量%含有したものである。特に、半田付け性の阻害要因が酸化物であることから、本発明はSnが主成分なので、そのSnよりも酸化物の標準生成エネルギーが大きものを添加すれば解決される。また、それらの添加物は、環境の優しいものが良い。そこで、これらの内、Ge、Cu、Ag、Bがなお良い。

【0030】さらに、本発明の電子部品は、パラジウム(Pd)を0.005~3.0重量%、錫(Sn)95.0~99.985重量含有した組成を有し、液相線温度が200~350°Cである無鉛高温半田材料のSnとほぼ比重が等しくかつ40μm前後の金属または合金粒子を0.1~5.0重量%含有した無鉛高温半田材料をほぼ平行に配置された電子素子と基板との間に設けて接続したもので、熱疲労性能が良いだけでなく、電子素子が基板と平行に半田ムラがなく載置でき傾斜接着をなくすという作用を有する。

【0031】以下、本発明の実施の形態について、具体的に説明する。第1の実施形態である無鉛高温半田材料の組成から以下に述べる。本発明に用いるSn原料は、99.9重量%以上の高純度Snを用いることが好ましい。更に、好ましくは、99.99重量%以上である。Sn原料が高純度であるほど不可避不純物中にPbの混入を避ける事ができるためである。

【0032】尚、本発明における無鉛とは、鉛含有量を環境対策上好ましい量まで低減したものであり、好ましくは不可避不純物中に含まれる微量な程度にまで低減したものである。

【0033】本発明は、所定量のPdとSnを共存させることにより、その相乗効果によって、熱疲労性能を向上させることができる。Pbを含有しないSn-Pd合金半田でSn含有量が95.0重量%以上の時、95.0重量%未満と対比して熱疲労性能を大きく向上させることができる。このため、Sn含有量は、95.0重量%以上である事が好ましい。この中でもSn含有量が95.49重量%以上の時、熱疲労性能は一段と向上する。このため、好ましくは、Sn含有量は、95.49重量%以上である。

【0034】反対に、Pbを含有しないSn-Pd合金半田でSn含有量が99.985重量%を超える時、本発明で必要なPdを含有することができなくなる。このため、Sn含有量の上限は99.985重量%が好ましい。この中でもSn含有量が99.94重量%以下の時有効な共存元素であるPdを0.05重量%以上含有しうることとなり、熱疲労性能は、一段と向上していく。このため、Snの含有量は、好ましくは99.94重量%以下である。

【0035】以上のことより、Sn含有量は、95.0~99.985重量%が好ましい。さらに好ましくは95.0~99.94重量%であり、とくに好ましくは、95.49~99.94重量%である。

【0036】一方、Pbを含有しないSn-Pd合金半田でPd含有量が0.005重量%以上の時、0.05重量%未満と対比して熱疲労性能を大きく向上させることができる。このため、Pd含有量は、0.005重量%以上である事が必要である。この中でもPd含有量が0.05重量%以上の時、熱疲労性能は一段と向上する。このため、好ましくは、Pd含有量は、0.05重量%以上である。

【0037】反対に、Pbを含有しないSn-Pd合金半田でPd含有量が3.0重量%を超える時、3.0重量%以下と対比して熱疲労性能は、低下していく。このため、Pd含有量が3.0重量%以下である事が必要である。この中でもPd含有量が2.5重量%以下の時、熱疲労性能は、一段と向上していく。このため、Pdの含有量は、好ましくは2.5重量%以下である。

【0038】以上のことより、Pd含有量は、0.005~3.0重量%と定めた。好ましくは0.05~3.0重量%であり、更に好ましくは、0.05~2.5重量%である。

【0039】本発明は、所定量のPdとSnを共存させる限り、他の元素を含有しても発明の効果を維持する。このことは、他の元素として、さらに、Ag、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、Bi、Inのうち少なくとも1種を0.005~2.0重量%含有させた場合にもいえることである。特に環境に優しい効果を得るには、Ag、Ge、Cu、Bが良い。

【0040】本発明の無鉛高温半田材料の液相線温度は、200~350°Cである事が必要である。液相線温度が200°C未満の時、二度目の加熱を行なう時の温度条件も200°C未満にする必要があり、二度目の加熱の温度条件が制約されてくる。よって、液相線温度は、低くても200°C以上であることが必要である。反対に、液相線温度が350°C以上の時、電子部品への熱歪等の熱影響があるため350°C以下であることが必要である。

【0041】本発明の無鉛高温半田材料は、テープ、ワイヤ状に加工したり、浸せき浴や蒸着用の材料として用いることができる。また、高融点粒子を混入させ複合材料として使用することもできる。テープの加工方法は、インゴットに鋳造した後、圧延、スリッター加工を施し所定寸法のテープに仕上げる。ワイヤの加工方法は、インゴットの押し出しまたは溶湯を水中へ噴出急冷方法により素線を得て、伸線加工により、所定寸法のワイヤに仕上げる。

【0042】本発明の無鉛高温半田材料は、一度目の半田付けを行なった後、二度目の加熱が行な

われ、且つその使用状態が室温と高温のヒートサイクルを受ける場合に、一度目の半田付け材料として効果的に用いられる。例えば、ダイポンディングやハイブリッドIC実装等である。以下、それらを具体的に説明する。

【0043】図1は、樹脂封止する前の半田装置の側面図である。基板であるリードフレームのダイ1表面にNiめっき2を設けてある。電子素子であり半導体素子であるICチップ5の上面にはAl電極6、下面にはメタライズ層であるNiめっき4を設けてあり、上面のAl電極6には、金線のワイヤ7がワイヤボンド接続されている。ワイヤ7は、半導体素子とリードとを電気的に接続するもので、ワイヤ7のもう一端は、リードフレームのNiめっき8をした内部リード9上に接続している。ICチップ5の下面のNiめっき4とダイ1表面のNiめっき2とを介して、基板とチップ状の電子素子である半導体のICチップ5とが本発明の無鉛高温半田材料でほぼ平行に接続(ダイボンド)されている。

【0044】製造方法は、ダイ1の上面に円形または方形に成形された半田ペレットを介してICチップ5を載せ、水素雰囲気の加熱炉中を通過させて一度目の加熱による半田付けを行う。次いで、ダイ1の下面から150～250°Cの温度で二度目の加熱を行い、金のワイヤ7をAl電極6に熱圧着ポンディングしている。

【0045】また、ハイブリッドICでは、図示しないがICチップをプリント基板の一方の面に搭載して本発明の無鉛高温半田材料を用いて一度目の半田付けを行い、電子機器の小型化を狙ってプリント基板の反対面に更に電子部品を搭載するため本発明品よりも液相線温度の低い半田材料を用いて二度目の半田付けを行なう。

【0046】以下、電子素子がシリコン製の半導体素子を用いたものについて詳しく述べる。SnにPdを1重量%添加した後320°Cで溶融攪拌し、その後、圧延加工で幅4mm、厚み100μmのシート状の無鉛高温半田材料を得た。しかる後、Niめっき膜で仕上げたTO-220パッケージ用リードフレーム上に、前記シートを載置し、一辺が2.3mmの裏面にNi膜を付着形成したシリコン製チップの半導体素子を配置した後、270°Cでダイボンドした。

【0047】Pdの含有量を変化させて同様に試作し、シリコン製チップの半導体素子に最適な含有量を求めた。その結果、Pdの含有量を0.5重量%以上にしたのは、シリコン製チップの半導体素子の割れを防止できるからである。また、Pdの含有量を2.0重量%以下としたのは、ダイボンド温度を320°C以下にし、ダイボンド装置の高寿命化とダイボンド材の酸化を防ぐためである。

【0048】次に、半田厚みの制御について述べる。Sn(比重7.28)にPdとGeとを各々1重量%と、Ni(比重8.8)0.3重量%を添加した後、300°Cで溶融攪拌した。その溶融容器の下より一滴ずつ取り出し、TO-220パッケージ用リードフレームの半導体素子載置部上に所定量滴下した後、その上からシリコン製チップをダイボンドした。その後、Alワイヤーによる配線、樹脂封止、リード加工を施して半導体装置を得た。その結果、傾斜接合のないものが溶融半田の滴下方法でも得られた(ポッティング方式)。

【0049】本発明の無鉛高温半田材料は、半導体素子をダイポンディングする際に、その水平度を保つために、高融点粒子を混入させる。高融点粒子の融点は、400°C以上、その含有量は、0.001～5.0重量%(更に、0.001～0.6重量%が好ましい)、粒子の径寸法は、5～100μmであることが好ましい。高融点材料としては、Cu、Ni等の金属粒子、酸化物、炭化物等が良い。

【0050】さらに、電子素子である半導体素子と基板とを接続する場合に、その間の半田厚みを30～60μmで制御するための粒子としては、粒子の粒径が40μm±20μmで、無鉛高温半田材料の主成分であるSnと比重の差が2以内が良い。比重差が2より大きくなると、軽い場合に半田内で上方に浮いたり、反対に重い場合に下方に沈んだりして接着力の低下、信頼性の低下となってしまう。特に比重の差が2以内でSnよりも重いNiやCu(比重8.8)やFe(比重7.9)が特に良い。酸化物や炭化物では、そのような比重の粒子が得られなかった。

【0051】また、平均粒子直径は40μm±20μmの範囲がなお良い。粒径が10μm前後ものが増加すると半導体素子等のチップ欠けや割れを発生させ、厚くなると熱抵抗の増大を招く。特に、電子素子や基板の少なくとも一方に、シリコン、GaAs、セラミック等の割れやすく脆いものを用いる場合に有効である。このことは、半田厚みに関しても言えることである。

【0052】さらに、前記した本発明の無鉛高温半田材料に含まれる粒子の粒径が40μm±20μmで、無鉛高温半田材料の主成分であるSnと比重の差が2以内の金属が良い。その理由は、電気的な導電性能が良く、半導体素子に対する放熱特性も良くなるからである。

【0053】なお、電子素子や基板の少なくとも一方に、シリコン、GaAs、セラミック等の割れやすく脆いものを用い、それらの面にNiを主体とするめっき膜(Ni膜やNi合金膜等)を有し、そのNiめっき膜で本発明の無鉛高温半田材料を挟んで電子素子と基板とを接着すると、接着力が強く、熱疲

8

労性能及び放熱特性が極めて良くなる。この効果は、本発明の無鉛高温半田材料に含まれる粒子の粒径が $40\mu\text{m} \pm 20\mu\text{m}$ で、無鉛高温半田材料の主成分であるSnと比重の差が2以内の金属である場合に、Ni膜と金属粒子との合金化や接続性の良さの関係で一段と高くなる。そのため熱抵抗特性も良くなる。

【0054】銅材にNiめっきしたリードフレーム、半導体素子Cr/Cr+Ni/Ag(0.3μm)等に適用することが好適である。特に、パワー半導体デバイスに用いられるダイボンド材のように、単に電気を通すだけでなく、素子内部で発生した熱を外部に放熱させが必要な場合は、熱伝導性、異なる構成部品間の熱歪みの緩衝等が重要である。

【0055】本発明においては、パラジウム(Pd)を0.005~3.0重量%含有し、残部が錫(Sn)とその不可避不純物からなる組成であっても良いことはもちろんである。

【0056】

【実施例】次に、実施例を用いて本発明をさらに具体的に説明する。なお以下の実施例において、例えば表1~2などで半田組成物の全体の量が必ずしも100%になっていないのは、不可避不純物を微量含むことによる。したがって(100% - 半田組成物合計重量%)が不可避不純物の重量%である。

【0057】(実施例1)図2の試験片と測定方法に関する概要図を参考にして説明する。純度が99.99重量%Sn地金とPdを所定量配合し(不可避不純物等を総合計すると100重量%となる)、真空溶解した後、鍛造して表1に示す組成のインゴットを得た。該インゴットを圧延して厚さ0.1mm × 幅10.0mmテープを得た。更に前記テープを素材としてプレス加工を行い、厚さ0.1mm × 直径1.8mmの半田ペレットに仕上げた。

【0058】その半田ペレットAを用いて、熱膨張係数の異なる2種類の材料を半田付けして試験片10を作製し熱疲労試験Aを行なった。試験片10は、熱膨張係数の異なる2種類の材料としては、熱膨張係数 $17.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ であるCuと $4.4 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ である42アロイ(42重量%Ni-Fe)を採用した。厚さ9μmのNiめっきを施した直径1.8mm × 長さ20mmの銅と、42アロイの棒との間に半田ペレットを挟み、アルゴンガス気流中350°Cで半田付けして作製した。即ちNiめっき12を施した銅棒11とNiめっき14を施した42アロイ棒13とを半田材料15で接合している。この時、フラックスとして無機酸系水溶性フラックス(日本アルファメタルズ製IA200L)を用いた。

【0059】熱疲労試験Aは、気相ヒートショック試験装置(日立製作所製 ES50L)を用い、-55°C × 15分、室温×5分、150°C × 15分、室温×5分を1サイクルとし、所定の熱疲労に至るまでそのサイクルを繰り返すものである。

【0060】熱疲労の測定は、所定サイクルの熱疲労試験後、図2に示す方法で半田材料のクラック状況を確認することでおこなった。電源16を用いて所定範囲の電圧を試験片の両端に印可して、一定電流を流した時の両端電圧を実測した。実測した両端電圧が熱疲労試験Aをする前の初期値より10%増加した時点で、クラックによる不良と判断し、それまでのサイクル数を不良に至るサイクル数として測定値の外挿法により求めた。その測定結果を後にまとめて表1に示す。

【0061】(実施例2~25、比較例1~5)実施例1で説明したインゴットの組成を表1の様に変化させること以外は、実施例1と同様に半田ペレットにし、試験片を作製して、熱疲労試験Aを行なった。測定結果を表1及び表2に示す。

【0062】

【表1】

9

実験番号	組成(重量%)										液相線 温度 (°C)	熱疲労 試験 不良に 至る サイクル数	
	Pd	Ag	Ge	P	Zn	Cu	B	Sb	Bi	In	Sn		
1	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.985	200~350	550
2	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.94	-	820
3	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98.99	-	1010
4	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.49	-	810
5	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.99	-	660
6	1.0	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	99.985	-	1010
7	1.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	98.69	-	1020
8	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	97.99	-	1000
9	0.005	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	98.985	-	540
10	0.05	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	98.94	-	830
11	2.5	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	96.49	-	810
12	3.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	95.99	-	650
13	2.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	93.49	-	800
14	1.0	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	98.69	-	1010
15	1.0	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	98.68	-	1000
16	1.0	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	98.69	-	1010
17	1.0	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	98.69	-	1010
18	1.0	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	98.69	-	1000
19	1.0	-	-	-	-	-	-	0.8	-	-	98.69	-	1020
20	1.0	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	98.69	-	1000
21	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	98.69	-	1010
22	1.0	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	98.79	-	1010
23	1.0	-	0.1	-	0.1	0.1	-	-	-	-	98.69	-	1020
24	1.0	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	98.19	-	1010
25	2.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	95.09	-	710

## 【0063】

【表2】

比較例	組成(重量%)										液相線 温度 (°C)	熱疲労 試験 不良に 至る サイクル数	
	Pd	Ag	Cu	Au						Sn			
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.99	200~350	230
2	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.89	>350	310
3	1.0	5.0	2.9	-	-	-	-	-	-	-	90.09	>350	290
4	0.1	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	90.09	200~350	290
5	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	99.29	200~350	260

【0064】表1及び表2から明らかな通り、本発明の必須成分であるPdを含有しない比較例1は、不良に至るサイクル数が230と悪いものであった。また、Pd含有量が所定量を超えて10重量%である比較例2は、不良に至るサイクル数が310と悪いものであった。

【0065】所定量のPdを含有するもののその他成分の含有量が多く、Sn含有量が95.0重量%未満である比較例3、4も、不良に至るサイクル数が290と悪いものであった。さらに、所定量のSnを含有するもののPdを含有せず、その他元素であるCuを含有する比較例5は、不良に至るサイクル数が260と悪いものであった。

【0066】しかし、本発明の0.005~3.0重量%のPdと95.0~99.985重量%のSnからなる実施例1~5は、熱疲労試験Aで不良に至るサイクル数が550~1010と優れていた。この中でもPd含有量が0.05~3.0重量%であり、Sn含有量が95.0~99.94重量%のものは、前記サイクル数が660~1010と更に優れた効果を示した。さらに、Pd含有量が0.05~2.5重量%

であり、Sn含有量が95.49～99.94重量%のものは、前記サイクル数が810～1010と一段と優れた効果を示した。

【0067】さらに、本発明の他の実施例である0.005～3.0重量%のPdと95.0～99.985重量%のSn以外に0.005～2.重量%のAg、Ge、P、Zn、Cu、B、Sb、Bi、Inのうち少なくとも1種を含有した実施例6～25のものは、熱疲労試験Aで不良に至るサイクル数が540～1020であり、実施例1～5と同様に優れた効果を示した。この中でもPd含有量が0.05～3.0重量%であり、Sn含有量が95.0～99.94重量%のものは、前記サイクル数が710～1020であり、実施例2～5と同様にさらに優れた効果を示した。さらに、Pd含有量が0.05～2.5重量%であり、Sn含有量が95.49～99.94重量%のものは、前記サイクル数が800～1010であり、実施例2～5と同様に一段と優れた効果を示した。

【0068】(実施例31～33、比較例10～11)さらに他の実施例として、一辺が3mmのパワートランジスタであるシリコン製半導体素子を、パワー半導体装置で用いられる通常のTO-220パッケージに、本発明の無鉛高温半田材料で搭載した場合と、従来の半田材料で搭載した場合について比較した。比較例10はPb-Sn(重量%が95対5)、比較例11はSn-Ag(重量%が96.5対3.5)の例である。実施例31はSn-Ge(重量%が98.5対1.5)、実施例32はSn-Pd(重量%が98.5対1.5)、実施例33はSn-Pd-Ge(重量%が97対1.5対1.5)の場合について各々実施した。

【0069】試験方法は、ヒートショックテスト(−65°Cと150°Cの液相に各々30分交互で急に所定回数浸ける(以下、熱疲労試験Bとする。トランジスタには、ヒートショックテストだが半田材料にとっては構成部品間の歪みによる熱疲労テストの1種であるからである))、及び熱疲労試験C(トランジスタの温度が25°Cから温度上昇し115°Cの温度差90°Cになるように、トランジスタをオン1分、オフ2分で電力制御して所定回数行なう、半導体素子にパワーを印加して自己発熱させ、発熱部の半導体素子と放熱部のリードフレーム間のダイボンド材の熱疲労試験)である。そのときのパワートランジスタの熱抵抗の変化が初期値の1.3倍になった場合を不良として、判断した。熱疲労試験Bの場合は、試料を各30個、熱疲労試験Cは、10個用意して、所定回数後の不良数を測定した。その結果を表3に示す。

#### 【0070】

【表3】

熱疲労試験B、C(不良数/扱い数)

	ヒートショックテスト (−65°C→150°C 液相、各30分)					熱疲労テスト (ΔT=90°C オン/オフ=1分/2分)				
	0	500	1000	1500	2000	0	5000	10000	15000	20000
比較例10 (Pb/Sn=95/5重量%)	0/30	0/30	1/30	4/30	7/30	0/10	0/10	2/10	4/10	7/10
比較例11 (Sn/Ag=96.5/3.5重量%)	0/30	2/30	5/30	11/30	18/30	0/10	0/10	0/10	9/10	5/10
本 発 明	実施例31 Sn-Ge	0/30	0/30	1/30	4/30	6/30	0/10	0/10	0/10	2/10
	実施例32 Sn-Pd	0/30	0/30	1/30	8/30	5/30	0/10	0/10	1/10	8/10
	実施例33 Sn-Pd-Ge	0/30	0/30	0/30	2/30	5/30	0/10	0/10	1/10	2/10

【0071】表3から明らかな通り、比較例10、11と比較すると、熱疲労試験B、Cの両方とも実施例31、32、33の方が良い結果を得た。特に熱疲労試験として過酷な熱疲労試験Bでの差が顕著であった。また、実施例31のSn-Ge(重量%が98.5対1.5)よりも、実施例32のSn-Pd(重量%が98.5対1.5)の方が良く、さらに実施例33のSn-Pd-Ge(重量%が97対1.5対1.5)の方が良かった。本発明の無鉛高温半田材料は、従来のPbを半田材料に用いた場合とも比較して、各種試験方法による結果から熱疲労性能が向上したことが明らかである。特に、Sn-Pd-Ge系でPd-Geの合計重量%が5以下で、少なくとも一方が所定の0.05～3.0重量%含まれているときに、もっとも良好な結果が得られた。

【0072】一般的に本発明では、GeよりもPdの方が多く方が良く、GeよりもPdの方がより効果があった。

## [0073]

【発明の効果】以上のように、本発明の無鉛高温半田材料によれば、所定量のPdとSnを含有する組成とすることにより、液相線温度が200～350℃と高温の半田材料でありながら、無鉛で熱疲労性能を向上させることで、環境に優しく、かつ、電子機器の信頼性を向上させることができる。

【0074】前記PdとSnの所定含有量の範囲内で、所定のその他の元素を含有しても同様な効果を示す。しかし、中でも、Sn-Pd-Ge系でPd-Geの合計重量%が5重量%以下であるときにさらに好ましい効果が得られた。

【0075】また、電子素子や基板の少なくとも一方に、シリコン、GaAs、セラミック等の割れやすく脆いものを用い、それらの面にNiを主体とする膜(Ni膜やNi合金膜等)を有し、そのNi膜で本発明の無鉛高温半田材料を挟んで電子素子と基板とを接着すると、接着力が強く、熱疲労性能及び放熱特性が極めて良好となる。

- 【0076】また、半田厚みを制御するのに、粒子の粒径が40μm±20μmで、無鉛高温半田材料の主成分であるSnと比重の差が2以内の金属粒子を含有すると良い。それにより、熱抵抗も小さくなる。

【0077】さらに、Pdの含有量を0.5重量%以上にすることで、シリコンチップ等の脆いものの割れや欠けをなくすことができ、2.0重量%以下にすることで基板と電子素子との接着温度を320℃以下にでき、無鉛高温半田材料の酸化防止をし、接着装置の長寿命化が得られた。

## 図の説明

12

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の電子部品の断面図である。

【図2】本発明の実施例による試験片とその測定方法の概要図である。

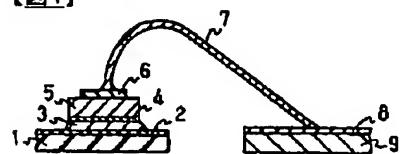
## 【符号の説明】

- 1 ダイ
- 2, 4, 8 Niめっき
- 3 半田材料
- 5 ICチップ
- 6 AI電極
- 7 ワイヤ
- 9 内部リード
- 10 試験片
- 11 銅棒
- 12, 14 Niめっき
- 13 アロイ棒
- 15 半田材料
- 16 電源

図面

13

【図1】



【図2】

